

AlGaInP LIGHT EMITTING DIODE

Patent Number: JP2001068731
Publication date: 2001-03-16
Inventor(s): UDAGAWA TAKASHI
Applicant(s): SHOWA DENKO KK
Requested Patent: ☒ JP2001068731
Application: JP19990242473
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To relax the lattice mismatch of a GaP crystal layer to a III-V compound semiconductor constitution layer and stick both layers to each other with a uniform junction strength, by sticking to the n-type or p-type III-V compound semiconductor constitution layer, via a metal oxide layer the GaP crystal layer having the same conductivity type as the III-V compound semiconductor constitution layer.

SOLUTION: On a substrate 101 made of an n-type or p-type conductive GaAs single crystal, etc., there are epitaxially grown by utilizing the means of MOCVD, etc., III-V compound semiconductor constitution layers 102-105 required to constitute an LED 10 which comprises a buffer layer 102, an AlGaInP lower clad layer 103, an AlGaInP light emitting layer 104, and an AlGaInP upper clad layer 105, etc., and thereby, a laminated structure 100A is constituted. Then, on the upper clad layer 105, a metal oxide layer 106 is deposited to stick thereonto a conductive GaP crystalline 107. As a result, as relaxing the mismatching quality of the crystalline 107 to the layer 105, without generating any crack, etc., the GaP crystalline 107 can be bonded to the layer 105 to obtain an AlGaInP LED having a high luminance.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-68731

(P2001-68731A)

(43)公開日 平成13年 3 月16日 (2001. 3. 16)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テ-マ-ト*(参考)

B 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平11-242473

(22)出願日 平成11年 8 月30日 (1999. 8. 30)

(71)出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門 1 丁目13番 9 号

(72)発明者 宇田川 隆

埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株

式会社総合研究所秩父研究室内

(74)代理人 100094237

弁理士 矢口 平

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA34 CA35 CA37 CA46

CA65 CA73 CA74 CA77 CA83

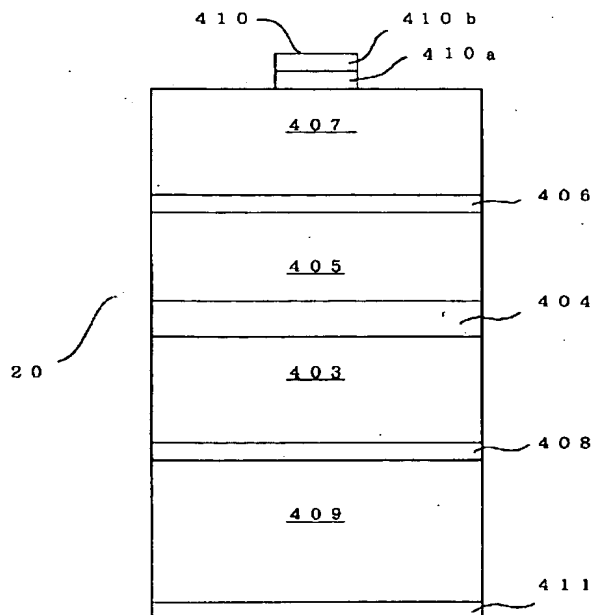
CA85 CA92

(54)【発明の名称】 A l G a I n P 発 光 ダイ オード

(57)【要約】

【課題】A l G a I n P 系LEDを構成するI I I - V 族化合物半導体構成層に、良好な機械的接着性と良好な電気的接合性をもって、G a P 結晶体を貼付する技術手段を明らかにする。

【解決手段】LED構成層に金属酸化物層を介してG a P 結晶体を接着させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】GaAs単結晶基板上に、n形のIII-V族化合物半導体構成層、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) 発光層、p形のIII-V族化合物半導体構成層を積層後、GaAs単結晶基板を除去する工程を含むAlGaInP発光ダイオードにおいて、n形及びp形のIII-V族化合物半導体構成層に金属酸化物層を介して、III-V族化合物半導体構成層と同一の伝導形を有するGaP結晶層が貼付されていることを特徴とするAlGaInP発光ダイオード。

【請求項2】III-V族化合物半導体構成層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x \leq 1$) であることを特徴とする請求項1に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項3】III-V族化合物半導体構成層が、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$) であることを特徴とする請求項1に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項4】GaP結晶層の層厚が、 $30\mu m$ 以上で $300\mu m$ 以下であることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項5】n形GaP結晶層と、p形GaP結晶層との層厚の差が、 $20\mu m$ 以内であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項6】金属酸化物層が、発光層から放射される発光に対して、50%以上の透過率を有することを特徴とする請求項1～5の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項7】n形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、第III族若しくは第IV族または第V族の金属元素の酸化物であることを特徴とする請求項1～6の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項8】p形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、第II族の金属元素の酸化物であることを特徴とする請求項1～6の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項9】n形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、酸化インジウム(In_2O_3)を90%以上含有することを特徴とする請求項1～6の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項10】n形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、酸化錫(SnO_2)を90%以上含有することを特徴とする請求項1～6の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【請求項11】p形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、酸化亜鉛(ZnO)を90%以上含有することを特徴とする請求項1～6の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】AlGaInP発光層の上方並びに下方の双方にGaPからなる発光透過層が貼付されている高輝度のAlGaInP発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) (以下、AlGaInPと略す) 多元混晶にあって、特に、インジウム組成比($=1-y$)を0.5とする $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$) は、砒化ガリウム(GaAs)単結晶と良好な格子整合性を果たせる利点もあって(Appl. Phys. Lett., 57(27)(1990)、2937～2939頁参照)、例えば赤橙色系を出射する発光ダイオード(LED)或いはレーザーダイオード(LD)を構成するのに利用されている(Appl. Phys. Lett., 64(21)(1994)、2839～2841頁参照)。これらの化合物半導体発光素子の発光部は、光の「閉じ込め」効果を利用して高強度の発光を獲得するために、pn接合型のダブルヘテロ(DH)接合構造から構成するのが通例である(Appl. Phys. Lett., 61(15)(1992)、1775～1777頁参照)。

【0003】AlGaInP系DH構造LEDにあって、発光の外部への取り出し方向にあたるDH構造発光部の上方には、窓層(ウィンドウ層)を配置するのが通例となっている(SPIE, Vol. 3002(1997)、110～118頁参照)。窓層は、素子動作電流の発光部への広範な拡散を期して電流拡散の役目も担う結晶層であるから、出来る限り低抵抗の結晶層から構成するのが好ましい。また、窓層は、発光層からの発光を十分に透過できる、禁止帯幅の大きな透明材料から構成する必要がある。

【0004】例えば、特公平7-123171号に記載されるAlGaInP系DH構造LEDに係わる発明には、第1及び第2のウィンドウ層から構成される窓層にあって、第1のウィンドウ層をGaAsから構成し、その上層の第2のウィンドウ層をGaPから構成する例が開示されている。第1のウィンドウ層を構成するGaAs層は、p形のAlGaInP障壁層上に有機金属熱分解気相成長(OMVPE)法で設けられている。また、第2のウィンドウ層をなすGaP層の層厚は、5～15 μm に設定され、VPE或いはOMVPE成長技術に依り設けられている(上記の特公平7-123171号参照)。

【0005】また、AlGaInP発光層の上方並びに下方の双方向に発光を透過させるための発光透過層を配備したLEDも知られている。例えば、アメリカ合衆国特許第5,008,718号の発明に記載されるAlGaInPLEDにあっては、例えば、GaPからなる発

光透過層が発光層の上方及び下方の双方向に配置されている。この従来例に開示されるLEDにあって、一方の発光透過層は気相成長(VPE)法により成膜されたGaP成長層、他方の発光透過層は、基板としたGaAs結晶を除去し、露呈されたIII-V族化合物半導体構成層の表面上にGaP結晶を接着させて設けられる構成となっている。GaP成長層の層厚は、接着されるGaP結晶の層厚よりも小とされており、また、各GaP発光透過層上にオーミック電極を設けてLEDが構成されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】発光層の上方並びに下方の双方に発光を外部へ充分に透過できる窓層を配置すれば、高輝度のAlGaInP系DH構造LEDを得るのに好都合となるのは勿論である。GaP結晶から窓層を構成すれば外部発光効率が数倍に上昇する優位性があるとされる。しかし、AlGaInP等のIII-V族化合物半導体構成層上にGaP結晶を熱圧着手段に依り単純に貼付する従来技術にあっては、両者間の格子定数或いは熱膨張率の差異に因り、均一な強度で接合が果たせない問題が生じていた。ちなみに、GaPの格子定数は約5.450オングストロームであり、GaAsのそれは約5.653オングストロームである(赤崎勇編著、「III-V族化合物半導体」(株)培風館、1994年5月20日発行初版)、148頁参照)。従って、両者の格子不整合度は約3.6%に達する。

【0007】また、仮に、接合が果たせても、格子不整合性からミスフィット(misfit)転位が発生し、接合領域での結晶性は乱雑なものとなるのが実際であった。接合近傍領域に於ける結晶欠陥の発生により、LEDの長期の使用に於ける信頼性と動作安定性が損なわれることが指摘されている(上記の特公平7-123171号参照)。この様な不都合は、化合物半導体結晶から窓層を構成する場合に必ず発生し、これは、LEDの順方向電圧を都合良く低減するのに支障を来すものであるとして問題となっている。

【0008】更には、GaP窓層とIII-V族化合物半導体構成層との格子不整合性に起因する、両層の接合界面の乱雑化は、両層間のオーミック接触性を悪化させる原因となっている。AlGaInP発光層からの発光波長に相当する禁止帯幅よりも小さなバンドギャップを有する、例えば、導電性のGaAs結晶層を下層としてGaP窓層との導通性を高める技術手段も教示されている(上記の特公平11-123171号参照)。しかしながら、この従来の積層法では、発光層からの発光が吸収され、III族窒化物半導体発光素子の高輝度化に支障を来す難点がある。

【0009】本発明は、発光層の上下双方向にGaP結晶からなる窓層を設けるにあたり、(イ)III-V

族化合物半導体構成層との格子不整合性を緩和でき、

(ロ)均一な接合強度をもって貼付でき、(ハ)良好なオーミック接触性を発現するとともに、且つ、(ニ)優れた発光の透光性をもたらす、III-V族化合物半導体構成層上にGaP窓層を設ける技術を提供する。

【0010】

【課題を解決するための手段】発明者は、上記の課題を解決するべく鋭意努力検討した結果、本発明に到達した。即ち、本発明は、[1]GaAs単結晶基板上に、n形のIII-V族化合物半導体構成層、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) 発光層、p形のIII-V族化合物半導体構成層を積層後、GaAs単結晶基板を除去する工程を含むAlGaInP発光ダイオードにおいて、n形及びp形のIII-V族化合物半導体構成層に金属酸化物層を介して、III-V族化合物半導体構成層と同一の伝導形を有するGaP結晶層が貼付されていることを特徴とするAlGaInP発光ダイオード、[2]III-V族化合物半導体構成層が、 $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x \leq 1$) であることを特徴とする[1]に記載のAlGaInP発光ダイオード、[3]III-V族化合物半導体構成層が、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$) であることを特徴とする[1]に記載のAlGaInP発光ダイオード、[4]GaP結晶層の層厚が、30 μm 以上で300 μm 以下であることを特徴とする[1]～[3]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、

[5]n形GaP結晶層と、p形GaP結晶層との層厚の差が、20 μm 以内であることを特徴とする[1]～[4]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、[6]金属酸化物層が、発光層から放射される発光に対して、50%以上の透過率を有することを特徴とする[1]～[5]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、[7]n形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、第II族若しくは第IV族または第VI族の金属元素の酸化物であることを特徴とする[1]～[6]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、[8]p形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、第II族の金属元素の酸化物であることを特徴とする[1]～[6]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、

[9]n形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、酸化インジウム(In_2O_3)を90%以上含有することを特徴とする[1]～[6]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、[10]n形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、酸化錫(SnO_2)を90%以上含有することを特徴とする[1]～[6]の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、[11]p形のIII-V族化合物半導体構成層上の金属酸化物層が、酸化亜鉛(ZnO)を90%以上含有することを特徴とする[1]～

【6】の何れか1項に記載のAlGaInP発光ダイオード、に関する。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施形態に係わるAlGaInP系DH構造LEDは、例えば次の手順をもって構成する。図1及び図2は本実施形態を説明するための断面構造の模式図である。

(1) n形或いはp形の導電性GaAs単結晶等の基板101上に、緩衝層102、AlGaInP下部クラッド層103、AlGaInP発光層104、AlGaInP上部クラッド層105等のLED10を構成するために必要なIII-V族化合物半導体構成層102~105を、MOCVD等の手段を利用してエピタキシャル成長させて積層構造体100Aを構成する。

(2) 次に、例えば、n形或いはp形の上部クラッド層105上に、金属酸化物層106を被着させる。

(3) 次に、金属酸化物層106上に導電性のGaP結晶体107を貼付する。

(4) 次に、図2に揭示する如く、上記の基板101を除去して、例えば、上記の上部クラッド層105とは反対の伝導形である、n形或いはp形AlGaInP下部クラッド層103の表面を露出させる。例えば、GaAsから構成された基板101であれば、アンモニア水-過酸化水素水-純水混合液によりGaAsをエッチング除去して下部クラッド層103の表面を露出させる。

(5) 次に、金属酸化物層108を、表面を露出させたIII-V族化合物半導体構成層103上に被着させる。

(6) 次に、導電性のGaP結晶体109を、金属酸化物層108を介在させて貼付する。

(7) 次に、金属酸化物層106、108を介して貼付したGaP結晶体107、109を擁する積層構造体100Bの表裏面上にn形並びにp形のオーミック(Ohmic)性電極110、111を設ける。

【0012】以上の操作をもって、n形或いはp形のAlGaInP発光層104に対して、上下双方向にGaP結晶体107、109からなる窓層を備えたLED10を得る。

【0013】GaP結晶体107、109を貼付する対象となるのは、緩衝層102であり、上下クラッド層103、105であり、図1及び図2には揭示していないが電流拡散層であり、また、窓層などである。n形或いはp形AlGaInP発光層104から放射される発光は、緑色帯から赤色帯に及ぶ。GaP結晶体107、109と発光層104との間に、このような短波長の可視光を吸収してしまう禁止帯幅を有する、例えば、GaAs等からなる結晶層を介在させると、外部への発光の取り出し効率が低下し、高輝度のIII族窒化物半導体発光素子を得るのに妨げとなる。従って、第2の実施形態では、III-V族化合物半導体結晶層を、n形或いはp

形の $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x \leq 1$)とする。アルミニウム組成比($=x$)は、発光波長に相応する禁止帯幅を越える禁止帯幅を与える組成に設定されているのが好ましい。例えば、波長を620nmとする赤橙色の発光については、 x を約0.46以上とするn形或いはp形の $Al_xGa_{1-x}As$ ($0.46 \leq x \leq 1$)が例示できる。

【0014】また、第3の実施形態では、III-V族化合物半導体構成層を、n形或いはp形($Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$)とする。 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0 \leq x \leq 1$)は、600nm帯の赤橙色発光はもとより、550nm帯の緑色系の発光を透過できる2.25eV以上の禁止帯幅を取り得るため、AlGaInP発光層からの発光を透過できるからである。この様なIII-V族化合物半導体構成層に対しては、金属元素の酸化物からなる被膜は、単なる金属膜よりも強固に密着する。また、III-V族化合物半導体構成層に堅牢な密着性を呈する金属元素の酸化物被膜であるからこそ、その上にまた強固にGaP結晶体を接合させることができる。金属被膜よりも金属元素の酸化物被膜に於いて、GaP結晶体とIII-V族化合物半導体構成層との頑強な接合が達成されるのは、酸化物被膜を構成する酸素原子がGaP結晶体とIII-V族化合物半導体構成層との双方に侵入して、強固な結合を創成するためと考えられる。

【0015】上記の如くのIII-V族化合物半導体構成層上に金属酸化物層106、108を介して貼付するGaP結晶体107、109は、n形或いはp形の導電性に優れるGaP単結晶であるのが好ましい。例えば、珪素(Si)ドーパのn形GaP単結晶とする。また、例えば、亜鉛(Zn)ドーパp形GaP単結晶とする。多結晶のGaPを接着させても、多結晶の内部に多く存在する粒界を流路として、素子動作電流の短絡的な流通が発生し、発光素子を長期間に亘り安定して動作させるのが難しくなる。オーミック電極110、111より供給される素子動作電流を発光面へ広範囲に亘り拡散させるためには、接着させるGaP単結晶のキャリア濃度はn形、p形に拘わらず約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上で、尚且つ、抵抗率は約1ミリオーム・センチメートル(単位: $\Omega \cdot \text{cm}$)以下の低比抵抗であるのが好ましい。

【0016】また、接着、貼付するGaP単結晶の表面の面方位は、III-V族化合物半導体構成層のそれと略一致させるのが好ましい。例えば、表面が{100}面から構成されているIII-V族化合物半導体構成層上には、面方位を{100}とするGaPを接着、貼付させる。また、主面からの傾斜角度(off angle)も略一致させたGaP単結晶を接着させるのが望ましい。また、GaP単結晶と、III-V族化合物半導体構成層の結晶方位とが略平行となる様に接着させるのが望ましい。例えば、III-V族化合物半導体構成層の[110]方向と、GaP単結晶の[110]方位と

をほぼ平行にして接着させる。

【0017】また、第4の実施形態では、金属酸化物層を介在させて貼付するn形またはp形GaP結晶体の層厚を $50\mu\text{m}$ 以上で $300\mu\text{m}$ 以下の範囲とすることを特徴としている。GaP結晶体107、109の層厚が、従来例の如く $5\sim 15\mu\text{m}$ であると（上記の特公平7-123171号参照）、オーミック電極110、111から供給される素子動作電流を発光層104の略全面の広範囲に拡散させる効果は十分に認められない。動作電流を十分に拡散するためには、金属酸化物層106、108を介して接着させるGaP結晶体107、109の層厚は、望ましくは $30\mu\text{m}$ 以上で、更に好ましくは $50\mu\text{m}$ とする。発光層104の両側に層厚が $300\mu\text{m}$ を越える厚さのGaP結晶体107、109を接着させるとすると、積層構造体100Aの全体の層厚がゆうに $600\mu\text{m}$ を越えるものとなり、ダイシング法或いはスクライブ法等を利用して個別素子（chip）に分離する際に素子の“欠け”や“割れ”が多発し、良品素子歩留まりを低下させる不都合を来す。従って、金属酸化物層106、108を介して接着させるGaP結晶体107、109の層厚は $300\mu\text{m}$ 以下とする。

【0018】図3は、層厚を $50\mu\text{m}$ 以上で $300\mu\text{m}$ 以下の上記の好適な範囲としながらも、層厚を相違するGaP結晶体107、109を発光層104の両側に配置する一つの事例を示す模式図である。此处では、一方のGaP結晶体107の層厚をD1とし、他方のGaP結晶体109の層厚をD2（但し、 $D1 < D2$ ）と仮にしている。この場合に於ける好適な形態は、発光層104の両側に於いて、接着させるGaP結晶体107、109の層厚D1、D2とIII-V族化合物半導体構成層の層厚D3、D4（ $D3 > D4$ ）との合計の層厚T1（ $=D1+D3$ ）、T2（ $=D2+D4$ ）が略均等となる様に配置させることにある。換言すれば、層厚（ $=D4$ ）が薄いIII-V族化合物半導体構成層113には、より層厚が大である（ $=D2$ ）のGaP結晶体109を接着させ、層厚が厚い（ $=D3$ ）には、より層厚（ $=D1$ ）が小であるGaP結晶体107を各々、接着させて発光層104の両側に於ける合計の層厚T1、T2の均等化を図る。

【0019】また、第5の実施形態では、例えば、図3に示される金属酸化物層106、108を介して接着させるGaP結晶体107、109の層厚を略同一とする。概ね、双方のGaP結晶体107、109の層厚の相違を望ましくは $\pm 20\mu\text{m}$ 以内とする。更に好ましくは $\pm 10\mu\text{m}$ とする。発光層104の両側に配備するGaP結晶体107、109の層厚を略同一とすることにより、発光層104に印可される歪みの均等化を図ることができる。これにより、発光層104への局所的或いは偏りをもった歪みの印可が避けられる。

【0020】第6の実施形態では、例えば、図3に示さ

れる金属酸化物層106、108をAlGaInP発光層から放射される発光について、50%以上の透過率を有する透明酸化物材料から構成する。発光層104から放射される発光を出来るだけ吸収することなく、GaP結晶体107、109から外部へ効率的に発光を出射させるためである。

【0021】また、金属酸化物層106、108は、導電性を有する透明酸化物材料から構成するのが尚更のこと、好ましい。GaP結晶体107、109を介して発光層104へ都合良く素子動作電流が流通されられるからである。接着させるGaP結晶体107、109の伝導形及び透明で且つ導電性を有する酸化物層106、108の構成材料は、それを被着させるIII-V族化合物半導体結晶層（例えば、図3の103、105など）の伝導形に依って選別する。例えば、第7の実施形態に記載の如く、n形のIII-V族化合物半導体構成層上には、第III族若しくは第IV族または第VI族の金属酸化物層を介して、n形のGaP結晶体を貼付する。GaP及びIII-V族化合物半導体において、第III族元素は等電子的（iso-electronic）不純物である。また、第IV族及び第VI族元素は何れもドナー（donor）不純物である。この様な元素がGaP結晶体或いはIII-V族化合物半導体結晶層へと拡散、侵入したところで両層の伝導形がp形に変換されない。また、高抵抗とも成り難い。従って、第7の実施形態が記す如くの酸化物層の構成とすれば、GaP結晶体とIII-V族化合物半導体構成層との接合界面近傍の領域でpn接合が形成されるのを防止できる。即ち、素子動作電流を滞りなく発光層へと流通できる。

【0022】逆に、p形のIII-V族化合物半導体構成層上には、第8の実施形態の如く、第III族金属酸化物層を介して、p形のGaP結晶体を貼付する。GaP結晶体及びIII-V族化合物半導体構成層の接合界面近傍の領域に於けるpn接合の形成を回避するために、III-V族化合物半導体についてアクセプターとなり得る元素を構成元素として含む酸化物を用いる。

【0023】第III族の金属元素を含む酸化物の例には、酸化ガリウム（ Ga_2O_3 ）や酸化インジウム（ In_2O_3 ）がある。特に、酸化インジウムは透明であり、また、数 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 程度の低抵抗率で良好な導電性を発揮する被膜が簡便に得られる。これより、第9の実施形態では、第III族金属酸化物層を、 In_2O_3 を主成分とする酸化物から構成する。含有量は90%以上が好ましく、さらに好ましくは95%以上とする。酸化インジウムに含まれる酸化物には、例えば、酸化インジウム・錫（ITO）や酸化インジウム・亜鉛などがある。

【0024】また、第10の実施形態では、n形のGaP結晶体とn形III-V族化合物半導体構成層とを接合させるために、特に、酸化錫（ SnO_2 ）を主成分とする酸化物を第IV族金属元素の酸化物として利用す

る。含有量は90%以上が好ましく、さらに好ましくは95%以上とする。酸化錫は、他の第IV族元素を構成元素とする二酸化珪素(SiO_2)などに比べれば、透光性に優れ、且つ導電性に優れるからである。

【0025】また、第11の実施形態では、p形GaP結晶体とp形III-V族化合物半導体構成層とを接合させるために、特に、酸化亜鉛(ZnO)を主成分とする酸化物を第II族金属元素の酸化物として利用する。含有量は90%以上が好ましく、さらに好ましくは95%以上とする。例えば、ガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)及びインジウム(In)が添加された ZnO からは、約 $1\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 或いはそれ以下の低い抵抗率の導電性を有する透光性被膜が形成できる。抵抗率(比抵抗)は、一般的なホール(Hall)効果測定法などにより測定できる。

【0026】第9～第11の実施形態に記す金属酸化物層は、一般的な高周波スパッタリング(sputtering)法、レーザーアブレーション(laser-ablation)法、或いは化学的気相堆積(CVD)法等の手段により、n形或いはp形III-V族化合物半導体構成層上に被着できる。スパッタリング法で例えば、ITO被膜やAlドーパ酸化亜鉛被膜を被着するに際しては、被着体(III-V族化合物半導体構成層)の温度を約 200°C から約 400°C として成膜すると導電性に優れる酸化物被膜が得られ易い。また、ITOや ZnO 等の微粒子を含む懸濁液をIII-V族化合物半導体構成層上に塗布して酸化物被膜を形成することもできる。金属酸化物層は、GaP結晶体とIII-V族化合物半導体構成層との接合をもたらす接合層として作用させる。これより、何れの成膜方法に拘わらず、金属酸化物層の最小限の層厚は、III-V族化合物半導体構成層の表面を略均一に被覆するのに足りるものとする。また、金属酸化物層は、発光を透過する機能を併せて発揮する必要がある。従って、金属酸化物層の最大の層厚は透過率に顕著な低下が生じない層厚とする。この観点からして、金属酸化物層の好適な層厚の範囲は、 2nm 以上で約 $1\mu\text{m}$ 以下となる。

【0027】上記の好適な層厚の金属酸化物層にGaP結晶体を接着させるのに際し、GaP結晶体を載置した後、同結晶体に荷重を加え、加熱するとGaP結晶体をより強固に接着できる。加熱温度は、III-V族化合物半導体構成層の成膜温度未満の温度とするのが望ましく、好ましくは約 200°C 以上で約 600°C 以下である。例えば、スパッタリング法で成膜した多結晶或いは非晶質の固体の酸化物被膜ではなく、III-V族化合物半導体構成層表面上に金属酸化物の微粒子を含む懸濁液を塗布してなる液状の被膜を介してGaP結晶体を接着させる手段に依れば、接着時に亀裂を発生させることなく、両層を密着させることができる利点がある。液体被膜が双方の層の格子不整合性を緩和する緩衝材料とし

て作用しつつ、多結晶或いは単結晶として固化するからである。液体被膜を、減圧または真空雰囲気内で緩やかに昇温して加熱処理を施す手段に依れば、格子不整合性緩衝材としての液体被膜からの脱泡が促進され、より均一な密着度をもってGaP結晶体が接着できる。脱泡を促すには、 10^{-5} トル(単位: Torr)程度の高真空度は必ずしも必要ではなく、 0.1 トル程度の減圧度でも構わない。

【0028】

【実施例】以下、本発明を、実施例を基に詳細に説明する。図4は本実施例に係わるAlGaInPLEDを構成するにあたり母体材料として利用したエピタキシャル積層構造体20Aの断面模式図である。また、図5は、図4に示す母体材料を出発材料として構成されたAlGaInPLED20の断面構造を示す模式図である。

【0029】LED20を作製するにあたり、先ず、直径 50mm のZnドーパp形(001)-GaAs単結晶円形基板401上に、減圧OMVPE法により順次積層した、Znドーパp形GaAs緩衝層402、Znドーパp形($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ から成る下部クラッド層403、アンドープのn形($\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 混晶から成る発光層404、及びn形($\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ から成る上部クラッド層405のから構成されるエピタキシャル積層構造体20Aを母体材料として形成した。構造体20Aの各成長層402～405は、トリメチルアルミニウム($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)、トリメチルガリウム($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$)及びトリメチルインジウム($(\text{CH}_3)_3\text{In}$)をIII族構成元素の原料とし、ホスフィン(PH_3)をリン源として 730°C で成膜した。亜鉛のドーピング源には、ジエチル亜鉛($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Zn}$)を利用した。緩衝層402のキャリア濃度は約 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ とし、層厚は約 $0.5\mu\text{m}$ とした。下部クラッド層403のキャリア濃度は約 $3\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ とし、層厚は約 $5\mu\text{m}$ とした。引き続き 730°C で成膜した発光層の404のキャリア濃度は約 $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ とし、層厚は約 120nm とした。また、ジシラン(Si_2H_6)をドーピング源としたSiドーパn形上部クラッド層405のキャリア濃度は約 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ とし、層厚は約 $3\mu\text{m}$ とした。

【0030】積層構造体20Aの形成を終了した後、冷却して、MOCVD成長炉より積層構造体20Aを取り出した。n形上部クラッド層405の、表面の中央部及び周縁の数箇所に、市販の SnO_2 コロイダル液を滴下した後、積層構造体20Aを毎分約1000回の割合で回転し、上部クラッド層405の表面を略均一に約 100nm の厚さの酸化錫液状被膜で被覆した。次に、酸化錫液体被膜上に直径を約 50mm とするSiドーパのn形GaP単結晶407を、積層構造体20Aと中心を略一致させて載置した。n形GaP単結晶407の表

面の面方位は基板101と同じく(001)であり、厚さは約120 μ mとした。また、GaP単結晶体101のキャリア濃度は約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。n形GaP単結晶体407の上に、更に、直径を約60mmとし、重さを約200グラム(g)とするSiドープn形GaPインゴットの小片を載置した。

【0031】次に、GaPインゴット小片を載置したままの状態、積層構造体20Aを室温に於いて一般的な真空加熱炉内に挿入した。然る後、真空加熱炉内を排気して約0.1トールに減圧した。この真空度を保ちながら、室温より80℃に約5℃/分の速度で昇温した。80℃に到達後、30分間に亘り同温度に保持した。続けて、120℃に2℃/分の速度で昇温した。昇温後、120℃に30分間保持した。保持後、更に、250℃に毎分20℃の速度で昇温し、同温度に30分間保持した。保持後、80℃に約10℃/分の速度で降温した。80℃から室温迄は自然冷却した。以上の加熱、冷却操作により液状被膜を固化させて、酸化錫を主成分とする金属酸化物層406を形成する共に、n形GaP結晶体407をn形上部クラッド層405に接合させた。

【0032】次に、n形GaP結晶体407を一般的な耐熱ガラス製プレート(図示せず。)上に耐酸性ワックスで固定して、積層構造体20Aを支持した。耐熱ガラスプレートに固着させたままの状態、発光層404を挟んでガラスプレートと対向する側に在るp形GaAs基板401を、アンモニア水・過酸化水素(H_2O_2)・純水(H_2O)からなる混合水溶液中に浸し、エッチングして除去した。また、併せて、p形GaAs基板401上に堆積してあったp形GaAs緩衝層402をも除去した。

【0033】次に、ガラスプレートに積層構造体20Aを保持したままで、p形GaAs基板401及びp形GaAs緩衝層402を除去して露呈した、p形下部クラッド層403の表面の全面に市販のZnO懸濁液を塗布した。塗布時には、積層構造体20Aを毎分約1000回で回転させた。酸化亜鉛の液状被膜上には、積層構造体20Aの中心に合致させて、Znドープp形GaP単結晶体409を載置した。p形GaP結晶体409の面方位は、(001)とし、厚さは約120 μ mとした。次に、p形GaP結晶体409の上に、重量を約200gとする亜鉛ドープのGaPインゴット小片を載置した。インゴット小片は直径を約60mmとし、高さが約17mmの円柱とした。

【0034】次に、GaPインゴット小片を載置したままの状態、積層構造体20Aを室温に於いて一般的な真空加熱炉内に再び挿入した。然る後、真空加熱炉内を排気して約0.1トールに減圧した。この真空度を保ちながら、室温より80℃に約5℃/分の速度で昇温した。80℃に到達後、30分間に亘り同温度に保持した。続けて、120℃に2℃/分の速度で昇温した。昇温後、

120℃に30分間保持した。保持後、更に、200℃に毎分10℃の速度で昇温し、同温度に40分間保持した。保持後、80℃に約10℃/分の速度で降温した。80℃から室温迄は自然冷却した。以上の加熱、冷却操作により酸化亜鉛の液状被膜を固化させて、酸化亜鉛を主成分とする金属酸化物層408を形成する共に、p形GaP結晶体409をp形下部クラッド層403に接合させた。冷却して真空加熱炉より積層構造体20Aを取り出した後、耐熱ガラスプレート(図示せず)に貼付した上記のワックスを有機溶剤で溶解し、積層構造体20Aを耐熱ガラスプレートから外した。発光層404に対して上下方向にGaP結晶体407、409の接合を終了した時点で、積層構造体20Aには亀裂、破断は視認されなかった。積層構造体20Aを有機溶剤で洗浄した後、n形GaP結晶体407の表面上には、公知のフォトリソグラフィ技術を利用したパターンニング手段を介して、直径を約110 μ mとする円形のn形オーミック電極410を設けた。n形オーミック電極410は、n形GaP結晶体407に接する下層部410aを金(Au)-ゲルマニウム(Ge)とし、上層部410bをAuから構成した。n形のオーミック性を付与するためのアロイ(合金化)処理は、420℃で10分間行った。また、p形GaP結晶体411の略全面には、Au-Zn合金膜を被着させてp形オーミック電極411となした。p形のオーミック性を付与するためのアロイは420℃で5分間とした。

【0035】次に、表裏面に電極410、411が形成された積層構造体20Aを一般的なダイシング(dicing)手段及びスクライプ手段を併用して、底面を一边を約300 μ mとする個別素子(チップ)に分割して、AlGaInPLED10を構成した(図4及び図5参照)。両電極410、411間に順方向に20ミリアンペア(mA)の電流を通流したところ、電極410の外周囲の略全面からほぼ均等な赤橙色の発光が得られた。分光器により測定された発光波長は約620nmであった。また、発光スペクトルの半値幅(FWHM)は約20nmであり、単色性に優れる発光が得られた。チップ状態での発光強度は約76ミリカンデラ(mcd)に到達した。

【0036】また、発光層404の両側に於いて、配置するGaP結晶体407、409の層厚を約120 μ mと略同一とて、発光層404の両側での構成層とGaP結晶体との合計の層厚を略同一としたために、75mAの順方向電流を50時間通流した後に於いても発光強度の然したる劣化は認められず、連続駆動に於いて動作信頼性に優れるAlGaInPLED20となった。

【0037】また、通常のEBIC法により、(日本電子顕微鏡学会関東支部編集、「先端材料評価のための電子顕微鏡技法」(株)朝倉書店、1991年12月15日発行、初版第1刷)、84~87頁参照)、GaP結

晶体407、409と上、下クラッド層403、405との接合界面近傍の領域には、pn接合が形成されていないことが示された。これに起因して、順方向電圧(@20mA)は約2.2ボルト(V)であり、そのバラツキも $2.2V \pm 0.1V$ と小であった。

【0038】

【発明の効果】本発明では、発光層の上下の双方向に発光を外部に透過するのに好都合となるGaP結晶体を、金属酸化物層を介在させて設けることとしたので、III-V族化合物半導体構成層との間の格子不整合性を緩和しつつ、従って、亀裂等を発生させることなく、GaP結晶体が接着でき、高輝度のAlGaInP系LEDが提供できる。

【0039】本発明に依れば、III-V族化合物半導体に対してドナー成分を構成元素として含む酸化物層を介在させてn形GaP結晶体をn形III-V族化合物半導体構成層に接着させることとしたので、n形構成層とn形GaP結晶体の伝導形に変化を来すことなく、また、高抵抗領域或いはpn接合領域の発生を抑制しつつ、n形GaP結晶体を接着できるので、順方向電圧が低減されたAlGaInP系LEDが提供できる。

【0040】また、本発明では、III-V族化合物半導体に対してアクセプター成分を構成元素として含む酸化物層を介在させてp形GaP結晶体をp形III-V族化合物半導体構成層に接着させることとしたので、p形構成層とp形GaP結晶体の伝導形に変化を来すことなく、また、高抵抗領域或いはpn接合領域の発生を抑制しつつ、p形GaP結晶体を接着できるので、順方向電圧が低減されたAlGaInP系LEDが提供できる。

【0041】本発明に依れば、接着するn形及びp形GaP結晶体の層厚を略同一とすることとしたので、AlGaInP系発光層に印可される歪み量の均等化が図れ、動作信頼性に優れるAlGaInP系LEDが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】GaP結晶体を接着させる手順を説明するための第1の断面模式図である。

【図2】GaP結晶体を接着させる手順を説明するための第2の断面模式図である。

【図3】GaP結晶体が接着された積層構造体の断面構造例であって、特に、構造体構成層の層厚の関係を説明

するための模式図である。

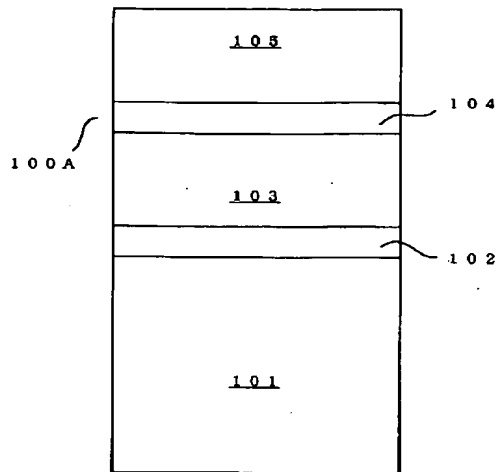
【図4】実施例1に記載のLEDの、母体材料の構成を示す断面模式図である。

【図5】実施例1に記載のLEDの断面構造を示す模式図である。

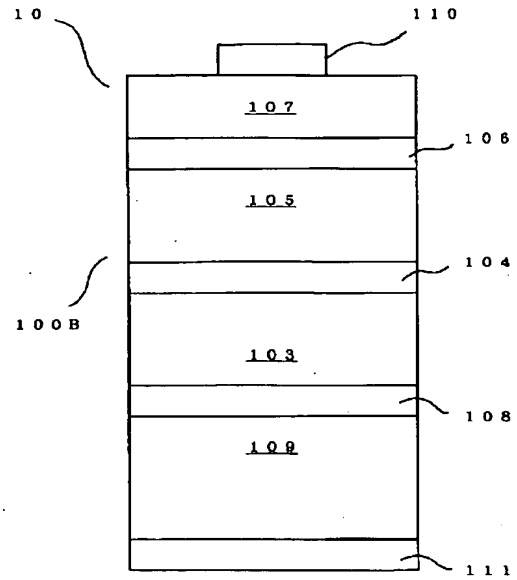
【符号の説明】

10	AlGaInP LED
20	AlGaInP LED
20A	積層構造体
100A	積層構造体
100B	積層構造体
101	単結晶基板
102	緩衝層
103	下部クラッド層
104	発光層
105	上部クラッド層
106	金属酸化物層
107	GaP結晶体
108	金属酸化物層
109	GaP結晶体
110	n形オーミック電極
111	p形オーミック電極
401	p形GaAs単結晶基板
402	p形GaAs緩衝層
403	p形AlGaInP系下部クラッド層
404	AlGaInP系発光層
405	n形AlGaInP系上部クラッド層
406	酸化錫固化層
407	n形GaP結晶体
408	酸化亜鉛固化層
409	p形GaP結晶体
410	AuGe/Au n形オーミック電極
411	AuZn p形オーミック電極
D1	GaP結晶体の層厚
D2	GaP結晶体の層厚
D3	III-V族化合物半導体構成層の層厚
D4	III-V族化合物半導体構成層の層厚
T1	GaPとIII-V族化合物半導体構成層との合計の層厚
T2	GaPとIII-V族化合物半導体構成層との合計の層厚

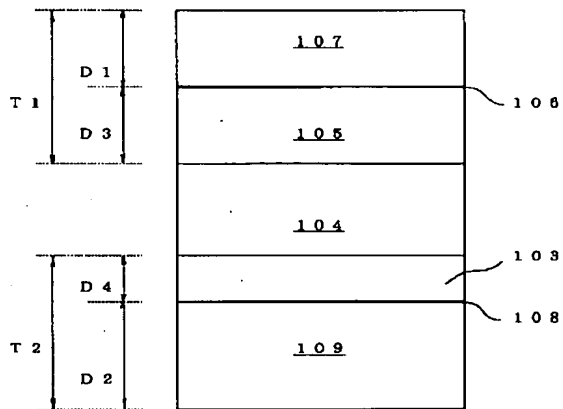
【図1】



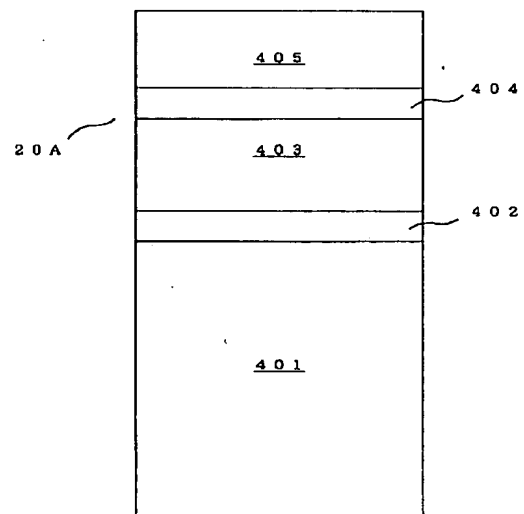
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

